

钙处理模式对 LF - RH 工艺下夹杂物影响研究

张晓峰^{1,2}, 张嘉华^{1,2}, 关 键^{1,2}, 刁望才^{1,2}, 韩春鹏^{1,2}, 麻晓光^{1,2}, 陆 斌^{1,2}

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古自治区稀土钢产品研发重点实验室, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 采用 BOF - LF - RH - CC 工艺路线, 研究双钙处理模式 (Ca 处理 - RH - Ca 处理) 和单钙处理模式 (RH - Ca 处理) 对去除夹杂物的影响。研究表明, 单钙处理模式下, 在 RH 离位时钢液中夹杂物大小和数量整体低于双钙处理模式, 单钙处理模式优于双钙处理模式。

关键词: 钙处理模式; 夹杂物; 铝镇静钢

中图分类号: TF769.2

文献标识码: B

文章编号: 1009 - 5438 (2024) 06 - 0036 - 03

Study on Effects of Calcium Treatment Mode on Inclusions with LF - RH Process

Zhang Xiao - feng^{1,2}, Zhang Jia - hua^{1,2}, Guan Jian^{1,2},
Diao Wang - cai^{1,2}, Han Chun - peng^{1,2}, Ma Xiao - guang^{1,2}, Lu Bin^{1,2}

(1. Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010,
Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. Inner Mongolia Key Laboratory of Rare Earth Steel Products Research & Development,
Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The effects of double calcium treatment mode (Ca treatment - RH - Ca treatment) and single calcium treatment mode (RH - Ca treatment) on removing inclusions are studied with the process route of BOF - LF - RH - CC. The study results showed that the size and number of inclusions in molten steel with single calcium treatment mode when RH left were smaller than those with double calcium treatment mode so that single calcium treatment mode was better than double calcium treatment mode.

Key words: calcium treatment mode; inclusions; aluminium killed steel

针对炼钢过程中钙处理的控制问题, 已有大量研究, 主要是关于钙含量控制的研究。钙处理一般包括两种模式, 即单钙处理模式和双钙处理模式。单钙处理模式为广泛采用的模式, 即在精炼离位前

加入钙线, 搅拌使钢液中 Al_2O_3 夹杂物改质为低熔点的 $7Al_2O_3 \cdot 12CaO$ 夹杂物上浮去除, 从而降低大颗粒夹杂物数量和减轻连铸浸入式水口结瘤堵塞^[1-4]。RH 是重要的精炼设备, 主要起脱碳、去气

体、去夹杂物和合金化的作用,钙处理一般在 RH 后喂入以控制夹杂物大小和数量。有报道表明,在 RH 前进行一次钙处理,随后在 RH 后进行一次钙处理(双钙处理模式),夹杂物得到了很好的控制^[5],然而文中并未进行对比试验。本文为了弄清单钙处理模式和双钙处理模式在 LF-RH 工艺下的优劣,通过统计分析 RH 离位夹杂物数量和大小,开展了钙处理模式对夹杂物影响的研究,目的在于结合生产实际情况,实现精炼夹杂物的有效控制。

1 材料和方法

采用的工艺路线为 BOF-LF-RH-CC,钢种为高级别管线钢 X80,钙处理模式分为单钙处理(BOF-LF-RH-Ca 处理-CC)和双钙处理(BOF-LF-Ca 处理-RH-Ca 处理-CC)。单钙处理模式下,在 RH 后喂入 200 m 高钙线,双钙处理模式下,在 RH 前喂入 100 m 高钙线,在 RH 后喂入 150 m 高钙线。分别在 RH 复压以及后续时段取样,统计分析夹杂物大小和数量。夹杂物统计采用金相方法,统计面积为 3 mm^2 。同时采用大数据统计每个模式下酸不溶铝含量以评价钢液的洁净度^[6],印证试验结论的正确性。

2 结果和讨论

图 1 为两种钙处理模式下不同工位夹杂物变化情况,从图 1 中可以看出两种模式下,夹杂物尺寸 $>20 \mu\text{m}$ 的较少, $<20 \mu\text{m}$ 的较多,都随着工位变化先增多后减少,其中后期单钙处理比双钙处理的夹杂物相对减少。主要原因是喂入钙线后,钙和已有的夹杂物反应结合,夹杂物会变大、增多,随着夹杂物液化改质、上浮,钢液内夹杂物数量逐渐降低。图 2 为复压时夹杂物数量局部放大图,从图 2 可以看出双钙处理使 RH 就位时,夹杂物尺寸减小、数量减少,然而结合图 1 后续的夹杂物变化可知单钙处理模式优于双钙处理模式。主要原因是 RH 前喂入钙线使钢液中 Al_2O_3 夹杂物部分改质上浮,去除了大颗粒夹杂物。而在 RH 后再喂入钙线,由于已经存在钙铝酸盐夹杂物,加入的钙和这样的夹杂物进一步反应超出了液化钙铝酸盐夹杂物的控制范围,导致了二次钙处理后夹杂物相对不易上浮。

图 3 为 RH 就位时钙含量对 RH 就位、离位酸不溶铝含量影响散点图。从图 3 中可以看出, RH 就位时酸不溶铝含量随着 RH 就位钢液钙含量增加

而减少, RH 离位时酸不溶铝含量随着 RH 就位钢液钙含量增加而增加,表明在 RH 就位时钙含量越低(单钙模式), RH 离位时酸不溶铝含量越小。上述分析与图 1 分析结果一致,进一步印证了在 LF-RH 工艺下,单钙处理模式优于双钙处理模式。值得注意的是,这一结论是针对该试验装备、工艺条件得出的,因试验装备、工艺条件不同,不能完全否定双钙处理模式的不合理性。然而考虑二次控制的成本和复杂性,在现有模式下采用单次钙处理模式会更有性价比。

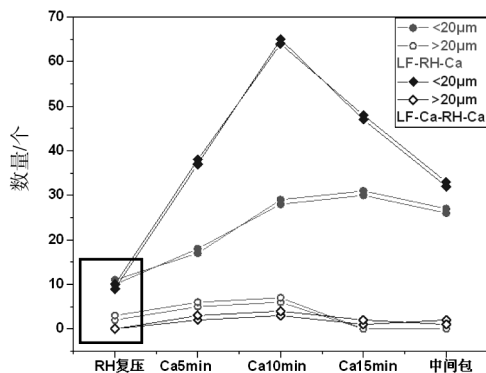


图 1 单、双钙处理夹杂物数量的对比

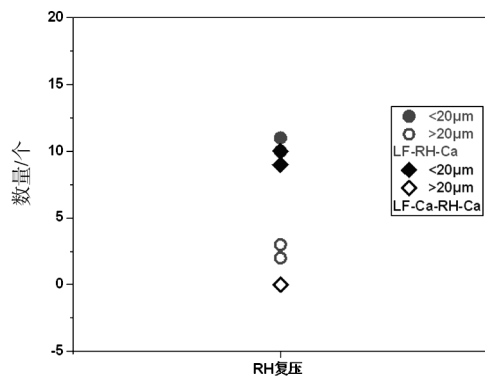


图 2 RH 复压时单、双钙处理夹杂物数量对比

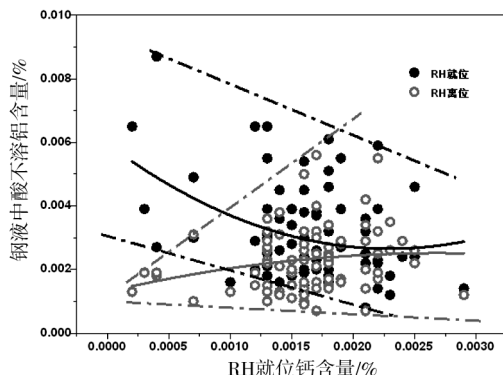


图 3 RH 就位钙含量对 RH 离位酸不溶铝含量的影响

3 结束语

针对 BOF - LF - RH - CC 工艺条件下的高级别管线钢, LF - RH - Ca 处理 - CC 模式优于 LF - Ca 处理 - RH - Ca 处理 - CC 模式。相比 LF - Ca 处理 - RH - Ca 处理 - CC 模式, 在 LF - RH - Ca 处理 - CC 模式下, 试验钢的夹杂物数量相对较少, 大量数据统计显示酸不溶铝含量相对较低, 更有利于提高钢液洁净度。

参 考 文 献

- [1] 龙鹤, 丘文生, 刘栋, 等. 钙处理铝镇静钢连铸铸质水口堵塞机理分析[J]. 连铸, 2024(1): 38 - 45.
- [2] 杨伶俐, 包燕平, 刘建华. 钙处理对钢中非金属夹杂物变性效果分析[J]. 炼钢, 2009, 25(4): 35 - 37, 72.
- [3] 王念欣, 曾晖, 王成镇, 等. 钙处理工艺对钢中夹杂物的影响分析及应用[J]. 云南冶金, 2024, 53(1): 178 - 186.
- [4] 杨光, 杨文, 张立峰. 铝镇静钢中夹杂物钙处理改性及其影响因素[J]. 钢铁, 2022, 57(12): 66 - 78.
- [5] 单伟, 张丙龙, 单庆林, 等. 一种钢水钙处理的方法: CN201610450410.5 [P]. 2018 - 07 - 27.
- [6] 张晓峰, 钱静秋, 岳长青, 等. 实时表征铝镇静钢液洁净度水平的方法: CN106814082B [P]. 2020 - 05 - 08.

(上接第 24 页)

参 考 文 献

- [1] 何宏平, 杨武斌. 我国稀土资源现状和评价[J]. 大地构造与成矿学, 2022, 46(5): 829 - 841.
- [2] 李潇雨, 惠博, 熊文良, 等. 白云鄂博稀土资源综合利用现状概述[J]. 矿产综合利用, 2021(5): 17 - 24.
- [3] 李丽匣, 刘廷, 袁致涛, 等. 我国萤石矿选矿技术进展[J]. 矿产保护与利用, 2015, 35(6): 46 - 53.
- [4] 王猛, 黄小卫, 冯宗玉, 等. 包头混合型稀土矿冶炼分离过程的绿色工艺进展及趋势[J]. 稀有金属, 2019, 43(11): 1131 - 1141.
- [5] 胡轶文, 王丽明, 曹钊, 等. 我国稀土资源冶炼分离技术研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(2): 151 - 161.